

## Offenlegungsschrift

Patent-Nr.: SHO-59-141269

JP-A-59 141 269

Datum der Veröffentlichung: 13.08.1984

Datum der Anmeldung: 02.02.1983

Anmelder: Mitsubishi Denki K.K. (Mitsubishi Electric)

Erfinder: HINATSU

Stichwörter: "Reverse recovery protection"

## Spezifikation

## 1. Bezeichnung der Erfindung: Thyristorelement

## 2. Umfang des Patentanspruchs:

(1) Thyristorelement, das aus einem Haupt-Thyristor und mindestens einem Hilfs-Thyristor besteht, dadurch gekennzeichnet, daß die Betriebsdauer eines der besagten Hilfs-Thyristorteile länger ist als die des besagten Haupt-Thyristorteils.

(2) Thyristorelement nach Patentanspruch (1), dadurch gekennzeichnet, daß in einem bestimmten Stromdichtebereich die Vorwärtsspannung des besagten Hilfs-Thyristors niedriger ist als die Vorwärtsspannung des besagten Haupt-Thyristors.

## 3. Ausführliche Beschreibung der Erfindung:

(Technologiebereich, auf den sich die Erfindung bezieht.)

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Thyristorelement, das aus einem Haupt-Thyristor und mindestens einem Hilfs-Thyristor besteht. Insbesondere aufgrund der Tatsache, daß die Betriebsdauer des Hilfs-Thyristorteils länger ist als die des Haupt-Thyristorteils, ist einerseits durch den Hilfs-Thyristor für ein Kippen gesorgt und wird andererseits ein Durchbruch infolge Stromkonzentration bei Kippen verhindert.

**[Herkömmliche Technologie]**

Im allgemeinen werden Thyristoren in Sperrichtung betrieben; dies ist möglich durch das Anlegen einer Sperrvorspannung über eine bestimmte Zeit hinaus, um den Übergang vom Durchlaßzustand in den Sperrzustand auszulösen; dieser Vorgang wird als Kommutierung bezeichnet. Wird die Sperrvorspannung eine zu kurze Zeit angelegt, so ist der Übergang in den Sperrzustand unmöglich. Wenn eine Zweit-Spannung angelegt wird, fließt ein entsprechender Zweit-Strom, was man als Kippen bezeichnet. Die kürzeste Anlegezeit der Sperrvorspannung, die noch eine Kommutierung ermöglicht, ist die sogenannte Ausschaltzeit  $t_q$  bezeichnet.

Allerdings läßt sich durch eine optimal konfigurierte Thyristoranordnung mit einem Hilfs-Thyristor eine Verbesserung des Differentialquotienten  $di/dt$  beim Einschalten erreichen.

Dennoch reagiert der Hilfs-Thyristor nicht auf den Zweit-Stromfluß bei Kippen, während im Haupt-Thyristor ein Zweit-Stromfluß einsetzt. Unter der Bedingung, daß sich der Strom leicht konzentriert, d.h., im Fall, daß es in der Anlegezeit der Zweit-Spannung gleichzeitig leicht zu einer Konzentration des Stroms kommt, ist der Differentialquotient  $di/dt$  bezogen auf den Zweit-Stromfluß erheblich schwächer als der Differentialquotienten beim Einschalten.

Im folgenden wird der obige Sachverhalt anhand von Abb. 1 und Abb. 3 detailliert beschrieben. Abb. 1 zeigt einen Thyristor mit Hilfs-Thyristor. Die Ortszahlen in dieser

Abbildung bedeuten folgendes: (1) Anode; (2), (3) und (4) die Schichten Pa, Na und Pa; (5) Steueranschluß (Gate-Elektrode); (6) Kathode; (7) Na-Schicht; (8) Kurzschluß-Emitter; (9) Hilfs-Thyristorelektrode; (10) Na-Schicht des Hilfs-Thyristors; (11) und (12) jeweils Hilfs-Thyristorteil bzw. Haupt-Thyristorteil. (13) bezeichnet den Weg, den der Strom im Hilfs-Thyristorteil (11) bis zur Kathode (6) nimmt, und gleichzeitig auch den Widerstand des besagten Stromflußweges.

Abb. 3 zeigt den zeitlichen Verlauf von Spannung und Strom im Fall einer Kommutierung vom Einschaltzustand aus. In der Abbildung ist die Stromverlaufs-Kennlinie durchgezogen Linien und die Spannungverlaufs-Kennlinie gestrichelt. Die Ortszahlen in dieser Abbildung bedeuten folgendes: (14) Vorwärtsspannung; (15) Stromfluß in Rückwärtsrichtung; (16) Sperrvorspannung; (17) Zweit-Spannung; (18) Zweit-Strom bei Kippen und (19) Durchlaßstrom.

Wie Abb. 3(a) zeigt, liegt am Thyristor für eine bestimmte Zeit die Sperrvorspannung (16) an, so daß nach der Ableitung der sich während des Durchlaßzustands akkumulierten elektrischen Ladung durch Anlegen einer Zweit-Spannung (17) der Übergang in den Sperrzustand möglich ist. Allerdings ist der Übergang in den Sperrzustand unmöglich, wenn die Zweit-Spannung (17) bei unzureichender Ableitung der elektrischen Ladung, angelegt wird, d.h. bei zu kurzer Anlegezeit der Sperrvorspannung. Wie aus Abb. 3(b) hervorgeht, fließt der Zweit-Strom (18).

Insbesondere nach dem Anlegen der Sperrvorspannung (16) für eine Zeit, die etwas kürzer als die Ausschaltzeit  $t_q$  ist, fließt der Zweit-Strom (18), falls die Zweit-Spannung (17) anliegt. Aber aufgrund einer ungleichmäßigen Ladungsableitung kommt es unter bestimmten Umständen zu einer extrem leichten Konzentration des Zweit-Stroms.

Als Mittel zur Verbesserung der Stromkonzentration im Durchlaßzustand bei einem Thyristor, wird, wie Abb. 1 zeigt, ein Thyristor mit Hilfs-Thyristor eingesetzt, wobei dieser Hilfs-Thyristor zwischen Anode und Gate des Haupt-Thyristors angeordnet ist. Auf diese Weise wird durch Einschalten mittels Hilfs-Thyristor (11) ein großer Differentialquotient  $di/dt$  erzielt.

Dennoch ist auch bei solch einer Anordnung aus Thyristor und Hilfs-Thyristor die Stromdichte des in Hilfs-Thyristor (11) fließenden Durchlaß-Stroms ziemlich klein, denn bei gleichgroßer Stromdichte existiert ein Widerstand zwischen der Kathode (6) im Haupt-Thyristorteil (12) und dem Hilfs-Thyristorteil (11), wenn die Vorwärtsspannung  $V_F$  in Hilfs-Thyristor (11) und Haupt-Thyristor (12) gleich ist??[AdÜ: Hier fehlendes Schriftzeichen aufgrund Lochung des Originals]. Falls unter diesen Bedingungen die Betriebsdauer  $T_A$  von Hilfs-Thyristor (11) mit der Betriebsdauer  $T_M$  von Haupt-Thyristor (12) identisch ist, kommt es zu einem Kippen beim Haupt-Thyristor (12), weil die akkumulierte Ladung in Hilfs-Thyristor (11) kleiner ist.

Infolgedessen beginnt bei einer solchen Haupt-Hilfs-Thyristor-Anordnung beim Durchschalten vom Hilfs-Thyristor (11) aus ein Durchschalt-Strom zu fließen, der den Haupt-Thyristor (12), der länger als das Gate ist, durchschaltet, so daß sich ein großer Differentialquotient  $di/dt$  ergibt. Im Fall von Kippen fließt der Zweit-Strom (18) nicht von Hilfs-Thyristor (11) aus, sondern direkt von Haupt-Thyristor (12). Bei Konzentrierung dieses Stroms ist kein so großer Differentialquotient  $di/dt$  erzielbar wie während des Durchschaltens.

#### [Kurzbeschreibung der Erfindung]

Die vorliegende Erfindung ist frei von den Mängeln der oben beschriebenen herkömmlichen Anordnung. Durch Verlängerung der Betriebsdauer des Hilfs-Thyristorteils gegenüber dem

Haupt-Thyristorteil wurde die Bereitstellung eines Thyristorelements angestrebt, das einen Durchbruch infolge Zweit-Stromkonzentration verhindern kann, indem vom Hilfs-Thyristor aus ein Strom zu fließen beginnt, der bei Kippen dem Zweit-Strom entgegenwirkt.

#### [Anwendungsbeispiel für die Erfindung]

Im folgenden wird anhand von Abb. 1 ein Anwendungsbeispiel für die vorliegende Erfindung beschrieben.

Bei diesem Anwendungsbeispiel ist die Betriebsdauer TA des Hilfs-Thyristorteils (11) höher als die Betriebsdauer TM des Haupt-Thyristors (12). Wie daher aus der obigen Beschreibung klar wird, fließt der vom besagten Hilfs-Thyristor (11) erzeugte Zweit-Strom (18) vom Gate des Haupt-Thyristors (12) zur Kathode (6), wenn ein Kippen durch Hilfs-Thyristor (11) verursacht wird. Gleichzeitig wird der Haupt-Thyristor (12) erneut durchgeschaltet. Auf diese Weise wird ein Durchbruch infolge des Zweit-Stroms (18) mit großem  $di/dt$  verhindert.

Außerdem wird im Fall einer Verlängerung der Betriebsdauer TA des Hilfs-Thyristors (11) gegenüber der Betriebsdauer TM des Haupt-Thyristors (12) die Vorwärtsspannung VF des Hilfs-Thyristors (11) mit längerer Betriebsdauer bei identischer Stromdichte kürzer. In diesem Fall kompensiert die Vorwärtsspannung VF den Spannungsabfall am Widerstand (13) zwischen Hilfs-Thyristor (11) und Kathode (6), und es fließt auch im Hilfs-Thyristor (11) ein Strom mit einer Stromdichte, die genauso groß wie oder größer als die im Haupt-Thyristor (12) ist.

Es folgt nun die Beschreibung der Beziehung zwischen der Stromdichte  $j$  von Hilfs-Thyristor (11) und Haupt-Thyristor (12) und der Vorwärtsspannung VF beim vorliegenden Anwendungsbeispiel.

Abb. 2 zeigt die Kennlinie der Vorwärtsspannung VF der beiden Thyristoren (11) und (12) gegenüber der Stromdichte  $j$  der Ströme, die in Hilfs-Thyristor (11) und Haupt-Thyristor (12) fließen.

Abb. 2(a) illustriert den Fall, daß bei identischen Stromdichten in Hilfs-Thyristor (11) und Haupt-Thyristor (12) auch die Vorwärtsspannungen gleich sind, und Abb. 2(b) den Fall, daß in einem vorgegebenen Stromdichtebereich die Vorwärtsspannung VFA des Hilfs-Thyristors (11) kleiner ist als die Vorwärtsspannung VFM des Haupt-Thyristors (12). Die Strichlinien in der Abbildung zeigen den Spannungsabfall VB, wenn ein Strom der Dichte  $j$  im Hilfs-Thyristor (11) fließt. Die durchgezogenen Linien in der Abbildung dagegen zeigen die Vorwärtsspannung VFA von Hilfs-Thyristor (11) und Haupt-Thyristor (12) gegenüber der Stromdichte  $j$ . Die Punkt-Strichlinie zeigt die Summenspannung VS aus der Vorwärtsspannung VFA von Haupt-Thyristor (12), während ein Strom mit der Stromdichte  $j$  im Hilfs-Thyristor (11) fließt, und dem oben beschriebenen Spannungsabfall.

Die Werte für Vorwärtsspannung VFM bei einem Strom in Haupt-Thyristor (12) mit der Dichte  $j_0$ , die Vorwärtsspannung VFA von Hilfs-Thyristor (11) und die Summenspannung  $V_s$  aus den widerstandsbedingten Spannungsabfällen VB müssen gleichgroß sein. Falls daher gemäß Abb. 2(a) die Vorwärtsspannungen VFM und VFA von Haupt-Thyristor (12) und Hilfs-Thyristor (11) identisch sind, ist die Stromdichte  $j_A$  des in Hilfs-Thyristor (11) fließenden Stroms verhältnismäßig klein im Vergleich zur Stromdichte  $j_M$  des Stroms, der im Haupt-Thyristor (12) fließt.

Ist gemäß Abb. 2(b) die Vorwärtsspannung VFA von Hilfs-Thyristor (11) kleiner, so fließt im Hilfs-Thyristor (11) ein Strom mit der relativ hohen Stromdichte  $j_A$ .

Dadurch hat die akkumulierte elektrische Ladung sowohl in Haupt-Thyristor (12) als auch in Hilfs-Thyristor (11) denselben Wert, so daß bei einer Angleichung??[AdÜ: fehlende Schriftzeichen] der beiden Thyristoren (11) und (12) in bezug auf die Betriebsdauer mit Sicherheit ein Kippen durch den Hilfs-Thyristor (11) erfolgt, so daß ein Durchbruch von Haupt-Thyristor (12) infolge Kippen ausgeschlossen wird.

[Wirkung der Erfindung]

Wie oben beschrieben, wird durch die vorliegende Erfindung die Betriebsdauer des Hilfs-Thyristors (11) gegenüber der des Haupt-Thyristors (12) verlängert, so daß bei Kippen ein Zweit-Strom vom Hilfs-Thyristor aus zu fließen beginnt und auf diese Weise ein Durchbruch des Haupt-Thyristors aufgrund einer Konzentration des besagten Zweit-Stroms verhindert werden kann.

#### 4. Kurze Beschreibung der Abbildungen

Abb. 1 zeigt ein Thyristorelement mit herkömmlicher Struktur sowie eines gemäß Anwendungsbeispiel im Querschnitt. Abb. 2 zeigt die Vorwärtsspannungs-Kennlinien von Hilfs-Thyristor und Haupt-Thyristor in Abhängigkeit von den Dichten der im Thyristorelement fließenden Ströme. Abb. 3 zeigt die Spannungs- und Stromverläufe des obengenannten Elements.

#### Legende:

- (11) Hilfs-Thyristorteil
- (12) Haupt-Thyristorteil

#### Ortszahlenglossare:

##### Originalseite 334:

- (1) Abb. 1
- (2) Abb. 2
- (3) Spannung
- (4) Stromdichte  $j$

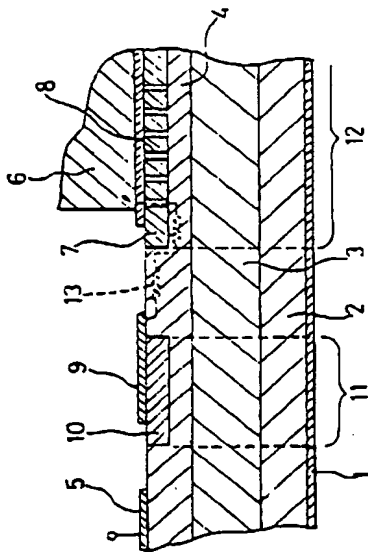
##### Originalseite 335:

- (1) Abb. 3
- (2) Spannung/Strom
- (3) Zeit

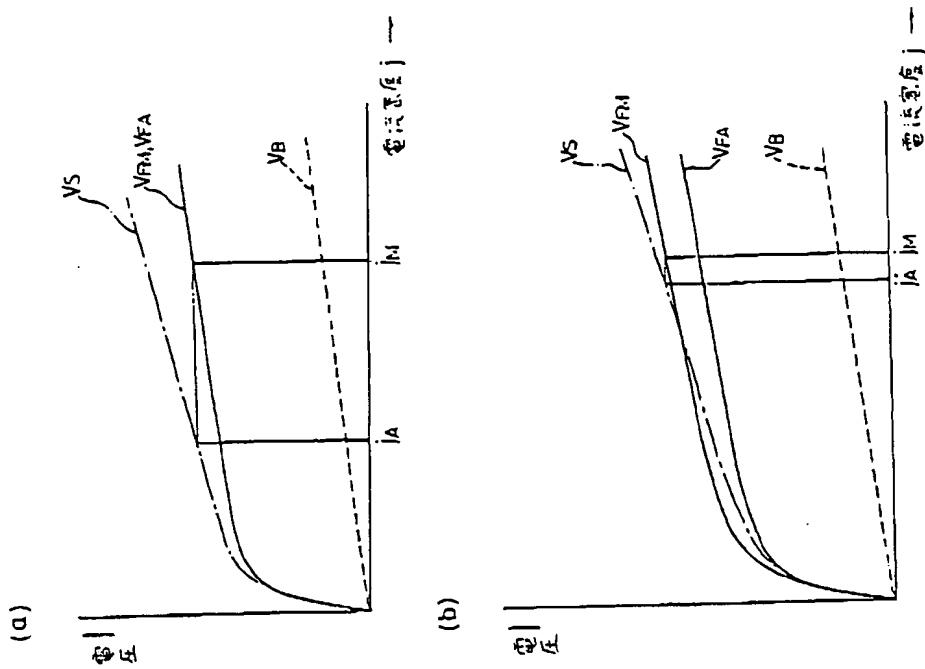
#### AdÜ:

Die Textteile Nr. 1 bis 5 auf Originalseite 335 sind rein administrative Angaben zur Patentbearbeitung oder beziehen sich auf eine vom Erfinder nachträglich vorgenommene terminologische Änderung, nämlich die Verwendung des Ausdrucks "Hilfs-Thyristor" statt ursprünglich "Verstärkungs-Gate-Hilfs-Thyristor". Da sie keinen Bezug zum eigentlichen Patentinhalt haben, sind sie nicht übersetzt worden.

第 1 图



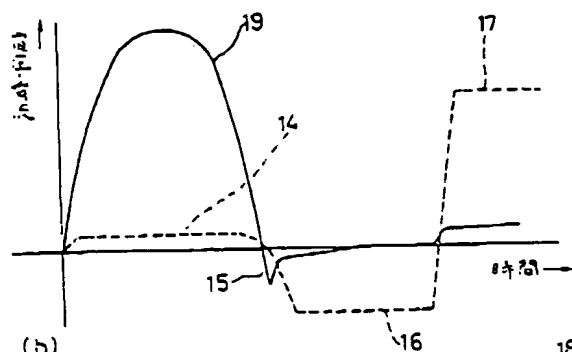
第 2 图



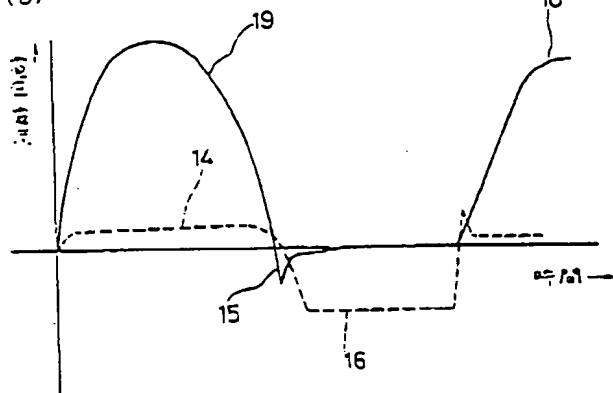
第 3 図

昭和 58 年 7 月 4 日

(a)



(b)



特許庁長官殿

1. 事件の表示

特願昭 58-16590 号

2. 発明の名称

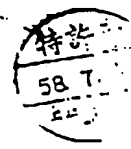
制御整流素子

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人  
 住所 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
 名称 (601) 三菱電機株式会社  
 代表者 片山 仁 八 郎

4. 代理人

住所 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
 三菱電機株式会社内  
 氏名 (7375) 弁理士 大 嶋 雄 雄  
 (電話 03-21313421 内線)

方式  
新案

5. 補正の対象

明細書の特許請求の範囲の欄、及び発明の詳細な説明の欄

6. 補正の内容

(1) 明細書の特許請求の範囲を別紙の通り訂正する。

(2) 明細書第1頁第17行の「補助サイリスタ」を「増巾ゲート補助サイリスタ（以下補助サイリスタと称す）」に訂正する。

以 上

特許請求の範囲

(1) 主サイリスタと少なくとも一つの増巾ゲート補助サイリスタとを有する制御整流素子において、上記いずれかの増巾ゲート補助サイリスタ部のライフタイムが上記主サイリスタ部のライフタイムより長いことを特徴とする制御整流素子。

(2) 上記増巾ゲート補助サイリスタの順方向電圧が、所定の電流密度範囲において上記主サイリスタの順方向電圧よりも小さいことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の制御整流素子。